

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ и ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Нижнетагильский технологический институт




УТВЕРЖДАЮ
Директор
В.В. Потанин
2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МОДЕЛИРОВАНИЕ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

| Перечень сведений о рабочей программе дисциплины | Учетные данные |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Программа аспирантуры Механика деформируемого твердого тела | Код ПА 1.1.8 |
| Группа специальностей Математика и механика | Код 1.1 |
| Федеральные государственные требования (ФГТ) | Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951 |
| Самостоятельно утвержденные требования (СУТ) | Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022 |

Нижний Тагил
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | ФИО | Ученая степень, ученое звание | Должность | Структурное подразделение | Подпись |
|-------|----------------|-------------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Хмельников Е.А | д.т.н., доцент | заведующий кафедрой | Специальное машиностроение |  |

Рекомендовано:

учебно-методическим советом Нижнетагильского технологического института

Протокол № 5 от 25.05.2022 г.

Председатель УМС института

М.В. Миронова

Согласовано:

Начальник ОООД

С.Е. Четвериков



1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Учебная дисциплина «Моделирование быстропротекающих процессов» входит в блок «Дисциплины» образовательного компонента учебного плана и является факультативной дисциплиной подготовки аспирантов по научной специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

При изучении данной дисциплины у аспирантов должны сформироваться компетенции, необходимые для научно-исследовательской деятельности в области механики, а также знания, умения и владения, необходимые в дальнейшей профессиональной деятельности, в том числе и для подготовки диссертации.

1.2. Язык реализации дисциплины - русский

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- разностные методы вычислительной математики применительно к задачам физики быстропротекающих процессов;
- фундаментальные теории разностных схем;
- основные сеточные конечно-разностные методы, численный метод характеристик, конечно-разностные методы семейства частиц в ячейках;
- алгоритмы численного решения одномерных и двумерных нестационарных задач;
- современные прикладные программы численного расчета параметров быстропротекающих процессов;

Уметь:

- применять разностные методы вычислительной математики применительно к задачам физики быстропротекающих процессов;
- применять основные сеточные конечно-разностные методы, численный метод характеристик, конечно-разностные методы семейства частиц в ячейках
- использовать при проектировании и объективно оценивать результаты исследований и разработок и информационные технологии;
- применять новые методы исследования в самостоятельной научно-исследовательской деятельности и в области профессиональной деятельности;
- применять современные прикладные программы численного расчета параметров быстропротекающих процессов;

Владеть:

- методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности;
- навыками выбора конструктивных решений для выполнения поставленных задач;
- навыками численного решения одномерных и двумерных нестационарных задач;
- новыми методами исследования и их применением в самостоятельной научно-исследовательской деятельности при расчете параметров конструкции и действия, оптимизации параметров конструкции и оценки эффективности ее действия.

1.4. Объем дисциплины

| № п/п | Виды учебной работы | Объем дисциплины | | Распределение объема дисциплины по семестрам (час.) |
|-------|------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------|
| | | Всего часов | В т.ч. контактная работа (час.) | 4 |
| 1. | Аудиторные занятия | 4 | 4 | 4 |
| 2. | Лекции | 4 | 4 | 4 |
| 3. | Практические занятия | - | - | - |
| 4. | Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации | 104 | 15,6 | 104 |
| 5. | Промежуточная аттестация | 3 | 0,25 | 3 |
| 6. | Общий объем по учебному плану, час. | 108 | | 108 |
| 7. | Общий объем по учебному плану, з.е. | 3 | | 3 |

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины | Содержание |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P1 | Основные понятия теории разностных схем | Постановка простейшей одномерной плоской нестационарной задачи о движении газа в трубе под действием поршня. Сущность метода конечных разностей. Построение дискретного аналога сплошной среды. Аппроксимация дифференциальных уравнений конечно-разностными соотношениями. Аппроксимация начальных и граничных условий. Понятия сходимости и устойчивости разностных схем. Условия устойчивости Куранта-Фридрихса-Леви. |
| P2 | Основные разностные схемы и методы численного решения одномерных задач | Сеточные методы. Численный метод характеристик. Методы семейства «частиц в ячейках» |
| P3 | Возможности вычислительного эксперимента как инструмента исследований быстропротекающих процессов | Примеры постановки, алгоритмов численного решения и результатов решения одномерных нестационарных задач. Примеры постановки, алгоритмов численного решения и результатов решения двумерных нестационарных задач. |

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Практические занятия

Не предусмотрено

3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

3.2.1. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено

3.2.2. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Индивидуальное задание выполняется в рамках выполнения самостоятельной работы – выполнении ряда практических работ.

Перечень заданий и методические указания по выполнению индивидуальных работ представлены в Приложении 1.

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

| Компоненты компетенций | Признаки уровня освоения компонентов компетенций | | |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | пороговый | повышенный | высокий |
| Знания | Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации. | Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях. | Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях. |
| Умения | Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации | Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации | Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий) |
| Личностные качества | Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу | Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность. | Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход. |

4.4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.4.1. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Каковы характерные признаки одномерных плоских нестационарных течений сплошных сред?

2. Какова сущность подхода Эйлера к изучению движения сплошной среды?
3. В чем состоит точка зрения Лагранжа на изучение движения сплошной среды?
4. В чем состоит принципиальное смысловое отличие частных производных какой-либо величины по времени при описании движения сплошной среды с позиции Эйлера и с позиции Лагранжа?
5. Как выглядит матричная форма записи системы уравнений одномерного плоского газодинамического течения?
6. К какому классу функций (непрерывные или дискретные) относятся сеточные функции, что является их аргументами, каков характер этих аргументов?
7. Почему при аппроксимации частных производных на разностные сетки неизбежна погрешность аппроксимации?
8. Что понимается под скоростью сходимости разностной схемы, под порядками точности схемы?
9. Сформулируйте в общем виде условие устойчивости Куранта. Поясните, почему для обеспечения сходимости разностного решения к искомому точному решению области зависимости точного и разностного решений должны быть определенным образом взаимосвязаны?
10. Из каких двух противоречивых требований выбирается количество узлов сетки по координате?
11. Запишите конечно-разностные уравнения «Крест», аппроксимирующие дифференциальные уравнения газовой динамики. Каков характер этих конечно-разностных уравнений (явный, неявный)?
12. Для каких областей течения газа вводится в разностную схему псевдовязкость? В каком случае необходимость введения псевдовязкости отсутствует?
13. По какому признаку та область течения, для которой следует вводить в разностную схему псевдовязкость как аддитивную (квазивязкую) добавку к давлению?
14. Какая из дополняющая схему Лакса разностных схем, «Прямоугольник» или «Уголок» обеспечивает более высокий порядок аппроксимации при расчете граничных условий?
15. Как следует понимать утверждение, что «Шахматная» разностная сетка схемы «Крест» аппроксимирует контактный разрыв естественным образом?
16. Каковы особенности представления системы одномерных уравнений газовой динамики при построении разностной схемы лагранжевого метода Мейдера?
17. Какие две формы представления математического описания одномерного плоского нестационарного течения газа вам известны? В чем их отличие друг от друга?
18. Как определяется местная скорость звука в случае задания уравнения состояния в калорической форме?
19. В чем состоят недостатки численного метода характеристик по сравнению с сеточными методами?
20. Опишите алгоритмы численного решения одномерной нестационарной задачи лагранжевым методом Мейдера
21. Опишите алгоритмы численного решения одномерной нестационарной задачи лагранжевым методом Уилкинса
22. Опишите алгоритмы численного решения одномерной нестационарной задачи эйлеровым методом Лакса-Вендроффа
23. Опишите алгоритмы численного решения одномерной нестационарной задачи эйлеровым методом «концентраций»

4.4.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

Не предусмотрено

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Рекомендуемая литература

5.1.1. Основная литература

1. Мкртычев, О. В. Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг : учебное пособие по направлению подготовки 15.04.03 Прикладная механика / О. В. Мкртычев, В. Б. Дорожинский. — Москва : МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2021. — 66 с. — ISBN 978-5-7264-2872-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110332.html> (дата обращения: 05.12.2022). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
2. Прикладная механика. Основы конструирования : учебное пособие / Д. И. Чернявский, И. Ю. Лесняк, А. Н. Абакумов, Н. В. Захарова. — Омск : Омский государственный технический университет, 2021. — 148 с. — ISBN 978-5-8149-3264-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/124868.html> (дата обращения: 05.12.2022). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
3. Бабкин А. В. Прикладная механика сплошных сред : учебник для вузов : в 3 т. Т. 1 : Основы механики сплошных сред. — 4-е изд., испр. / А.В. Бабкин, В.В. Селиванов. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. - 255 с. - ISBN 978-5-7038-4947-7.
4. Селиванов В. В. Прикладная механика сплошных сред : учебник для вузов : в 3 т. Т. 2 : Механика разрушения деформируемого тела. — 3-е изд., испр. / В.В. Селиванов. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. - 272 с. - ISBN 978-5-7038-4948-4.
5. Бабкин А. В. Прикладная механика сплошных сред : учебник для вузов : в 3 т. Т. 3 : Численные методы в задачах физики быстропротекающих процессов. — 3-е изд., испр. / А. В. Бабкин, В. И. Колпаков, В. Н. Охитин, В. В. Селиванов. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. - 376 с. - ISBN 978-5-7038-4949-1.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Роджер, Темам Математическое моделирование в механике сплошных сред / Темам Роджер, Миранвиль Ален ; под редакцией Г. М. Кобелькова ; перевод И. О. Арушанян. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 321 с. — ISBN 978-5-93208-542-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/89112.html> (дата обращения: 05.12.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Механика сплошных сред : учебно-методическое пособие / составители С. В. Кара-Мурза, Н. В. Корчикова, А. Г. Сильчева. — Луганск : Книта, 2021. — 120 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/111211.html> (дата обращения: 05.12.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Папуша, А. Н. Механика сплошных сред / А. Н. Папуша. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. — 688 с. — ISBN 978-5-4344-0715-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91963.html> (дата обращения: 05.12.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4. Пивнев, П. П. Механика сплошных сред. Жидкости и газы : учебное пособие / П. П. Пивнев, С. П. Тарасов, А. П. Волощенко. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. — 137 с. — ISBN 978-5-9275-3096-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/95791.html> (дата обращения: 05.12.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5.2. Методические разработки

Не предусмотрено

5.3. Программное обеспечение

MathCad 15
Siemens NX 10
КОМПАС-3D V19
Master professional v1.03

5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Автоматизированные информационно-поисковые системы:

1. «Малый калибр»
2. «Средний калибр»
3. «Минометные мины»
4. «Боеприпасы ближнего боя»
5. «Неуправляемые ракеты»
6. «Неуправляемые авиационные средства поражения»
7. «Взрыватели»

5.5. Электронные образовательные ресурсы

1. Контракт № 111-06/2021 от 17.12.2021. ООО «НексМедиа» ЭБС «Университетская библиотека онлайн» (свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-42287 от 11.10.2010, свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2010620554 от 27.09.2010, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011613851 от 18.05.2011). Доступ: 18.01.2022 по 17.01.2023
2. Контракт № 146-09/2022 от 20.10.2022. ООО «НексМедиа» ЭБС «Университетская библиотека онлайн» (свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-42287 от 11.10.2010, свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2010620554 от 27.09.2010, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011613851 от 18.05.2011). Доступ: 18.01.2023 по 17.01.2024
3. Лицензионный договор № 9594/22П от 25.10.2022. ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа» Цифровой образовательный ресурс IPRsmart ЭБС IPRbooks (Электронно-библиотечная система IPRBOOKSHOP.RU) (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022620333 от 10.02.2022; свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021664034 от 27.08.2021). Доступ: 01.01.2023 по 01.01.2024
4. Антиплагиат: Лицензионный договор № РКТ-___/22/43-12/1460-2022 от 07.11.2022. Общество с ограниченной ответственностью «Национальный цифровой ресурс «Рукопт» (ООО «НЦР «Рукопт»). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программный комплекс для поиска текстовых заимствований «РУКОПТтекст» № 2016612522 от 01.03.2016). Доступ: 07.11.2022 по 06.11.2023.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

| № п/п | Вид занятий | Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа |
|-------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Лекции Консультации Текущий контроль, промежуточная аттестация | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и практического | Парты (15 шт.), стулья (30 шт.), стол преподавательский (1 шт.), стул преподавательский (1 шт.) доска учебная меловая (2 шт.), демонстрационные | Операционная система Microsoft Windows, офисный пакет Microsoft Office |

| | | | | |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | типа, групповых и индивидуальных консультаций | материалы – стенды (20 шт.) Компьютерная техника: комплект переносного проекционного оборудования: ноутбук, проектор, проекционный экран. | |
| 2 | Самостоятельная работа студентов | Учебная аудитория для проведения практических занятий и выполнения курсовых работ/проектов. Зал ПЭВМ | Компьютер (8 шт.), стол компьютерный (8 шт.), стул компьютерный (8 шт.), стол для самостоятельной работы студента (2 шт.), стул (2 шт.), экран переносной (1 шт.), проектор переносной (1 шт.), принтер (3 шт.), сканер (2 шт.), демонстрационные материалы – плакаты (6 шт.) | Операционная система Microsoft Windows, офисный пакет Microsoft Линейка продуктов 3D MAX 2019, AutoCAD 2019, Inventor 2019 Средства разработки Microsoft Visual Studio .NET MathCad 15 Siemens NX 10 КОМПАС-3D V16 Master professional v1.03 Автоматизир. информ.-поисковые системы на опт. диске: "Малый калибр", "Средний калибр", Миномётные мины", "Боеприпасы ближн. боя", "Неупр. ракеты", "Неупр. авиационные ср-ва пораж.", "Взрыватели" |

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РАБОТ

Практическая работа №1 «Постановка одномерной нестационарной задачи по соударению сжимаемых пластин с помощью лагранжева метода Мейдера».

Практическая работа №2 «Постановка одномерной нестационарной задачи по схлопыванию металлического упругопластического кольца под действием продуктов детонации с помощью лагранжева метода Уилкинса».

Практическая работа №3 «Постановка одномерной нестационарной задачи по сферическому взрыву в воде с помощью комбинированного сеточно-характеристического метода».

Практическая работа №4 «Постановка двумерной нестационарной задачи по соударению осесимметричного упругопластического стержня с жесткой поверхностью с помощью лагранжева метода Уилкинса».

Практическая работа №5 «Постановка двумерной нестационарной задачи по взрыву заряда топливно-воздушной смеси над жесткой поверхностью с помощью эйлера метода Лакса-Вендроффа».

Практическая работа №6 «Постановка двумерной нестационарной задачи по формированию кумулятивной струи при функционировании кумулятивного снаряда с помощью эйлера метода «концентраций».

Варианты индивидуальных заданий выдаются преподавателем, читающим данную дисциплину. Отчет выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32 – 2017, ГОСТ Р 2.105-2019 и ГОСТ Р 7.0.97-2016